

ANÁLISE PRELIMINAR DE VIABILIDADE HÍDRICA PARA INSTALAÇÃO DE UMA PEQUENA CENTRAL HIDRELÉTRICA: RIO LIGEIRO, CIANORTE, PR

PRELIMINARY ANALYSIS OF WATER AVAILABILITY FOR INSTALLATION OF SMALL HYDROELECTRIC PLANT: LIGEIRO RIVER, CIANORTE, PR

Cristhiane Michiko Passos Okawa¹
Mennara Maria Dias de Oliveira²
Silas Daniel Roveri²

Resumo: O estudo de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH's) é importante em um país rural e agrícola como o Brasil, especialmente na região do noroeste do Paraná. A possibilidade de que pequenos e médios agricultores possam usar a energia hídrica disponível nos rios próximos às suas terras gera impactos na economia da região de estudo, pois os beneficiados poderão dividir os gastos com a implantação e manutenção da PCH e depender, ao menos em parte, da geração de energia proveniente apenas da disponibilidade hídrica da região. O objetivo desse estudo é verificar a viabilidade hídrica de instalação de uma PCH no rio Ligeiro localizado próximo à cidade de Cianorte-PR, do ponto de vista hidrológico. A partir de dados de vazões médias diárias, foi determinada a curva de permanência de vazões e foram adotados os demais parâmetros, como eficiência de conversão da energia hidráulica em mecânica de 80% e demanda de energia futura fixa (não variando com o horizonte de projeto) de 1 MW. A mínima altura da barragem para atender a demanda foi calculada e comparou-se com o método de índice de gradiente (RDE) que relaciona a extensão do rio com sua altitude, para verificar se existe gradiente RDE suficiente para a altura determinada. Conclui-se que a disponibilidade hídrica da região de estudo e a topografia são suficientes para atender a uma demanda futura de energia fixada em 1MW.

Palavras-chave: Disponibilidade hídrica. Geração de energia. PCH no Paraná. Usos da água.

Abstract: The study of Small Hydroelectric Plants (SHPs) is important in a rural and agricultural country like Brazil, especially in the northwestern region of Paraná. The possibility that small and medium farmers use available hydroelectricity in the rivers nearby rivers to their agricultural lands generates impacts on the economy of the study area, since the beneficiaries can divide the costs for the implementation and maintenance of SHP and depend, at least in part, the generation of energy from just the water availability in the region. The objective of this study is to verify the possibility of SHP installation in Ligeiro River located nearby the Cianorte-PR city, the hydrological point of view. The curve of flows permanence was determined and the other parameters were adopted, such as conversion efficiency of hydraulic energy into mechanical 80% and demand of future energy fixed (not varying with the project horizon) of 1 MW. The minimum height of the dam to meet demand was calculated and compared with the method of gradient index (RDE) which relates the length of the river with its altitude, to verify if there is enough RDE gradient for the determined height. It is concluded that the water availability in the study area and the topography are sufficient to meet future energy demand set to 1MW.

Keywords: Water availability. Electricity generation. SHP in Paraná State. Water use.

1 INTRODUÇÃO

De acordo com a Resolução nº 394 de 04 de dezembro de 1998 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), PCH é toda usina hidrelétrica de pequeno porte cuja capacidade instalada seja superior a 1.000 kW e inferior a 30.000 kW, com área total de reservatório igual ou inferior a 3,0 km².

A questão ambiental está presente no planejamento e na construção de uma PCH.

¹ Docente do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Maringá (UEM). Email: crisokawa@gmail.com

² Alunos de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Estadual de Maringá (UEM).

Segundo ELETROBRÁS (1999), as Pequenas Centrais Hidrelétricas são projetos de baixo impacto ambiental com menor volume de investimentos e potência limitada.

São empreendimentos de simples concepção e operação, custo de transmissão reduzido, menor prazo de conclusão e maior facilidade na liberação de licenças ambientais. As PCHs são subsidiadas e tem tarifas diferenciadas, o que compensa o valor mais alto do megawatt/hora em relação às grandes usinas hidrelétricas e outras fontes de geração de energia.

A operação adotada pelas PCHs é a fio d'água, o que exige pequenos reservatórios, sendo instaladas em rios de pequeno a médio porte, em geral aproveitando-se das quedas já existentes neles. As PCHs ainda contam com disponibilidade de tecnologias eficientes, necessidade apenas de autorização da ANEEL para implantação, disposição das concessionárias de comprar a energia excedente e incentivos legais (GERAÇÃO ENERGISA, 2012).

Essas usinas são consideradas importantes para o desenvolvimento econômico. Suas obras apresentam custos menos elevados em comparação aos custos de uma usina hidrelétrica de grande porte (UHE), tendo também um período menor de construção. Esses fatores permitem um retorno do investimento em um intervalo de tempo mais curto do que no caso de uma UHE (PORTAL PCH, 2010).

As PCHs representam um grande potencial de geração de energia no Brasil, devido à procura por produção de energia limpa, que causa menor impacto ao ambiente. As margens inexploradas dos rios brasileiros proporcionam uma alta capacidade para esse segmento hidrelétrico. Apenas 2% de todo o potencial do Brasil para geração de energia por meio delas estão em uso atualmente (SALSA, 2009).

Segundo ANDRADE (2010), embora as PCHs não sejam capazes de sozinhas, resolverem o problema energético do País, destacam-se como alternativas de geração limpa.

As PCH's englobam questões sociais, ambientais e econômicas, tornando-se um tema de grande interesse e importância a nível nacional. Está claro que, com o crescimento contínuo do Brasil, o país precisa continuar gerando energia elétrica para atender às demandas. Ainda que o paradigma atual seja de sustentabilidade ambiental no sentido de se diminuir o uso da energia, procurando soluções inovadoras para utilizar menos energia nos processos, especialmente os industriais, o país ainda encontra-se em situação de demanda maior do que a velocidade de evolução nas pesquisas tecnológicas.

Dentro desse contexto de que é preciso gerar energia de modo sustentável, vinda de fontes renováveis, e, de preferência, causando impacto mínimo ao ambiente, este é o caso das pequenas centrais hidrelétricas, que a 10 anos correspondiam a apenas 0,8% e hoje, respondem por 3,04% da matriz energética nacional e têm grande potencial para expansão. Seus projetos procuram preservar o ambiente e melhorar a qualidade de vida das comunidades do entorno das instalações. Além disso, em tempos onde se discute a diminuição de emissões na atmosfera, já existem algumas PCHs que comercializam créditos de carbonos, ou seja, são empreendimentos considerados sustentáveis (PORTAL PCH, 2010).

Como observado por Salsa (2009), por se tratar de uma fonte energética mais limpa que as outras, inclusive hidrelétricas de grande porte, a PCH é uma alternativa social e econômica para pequenos produtores, pois enquanto pequena, a central hidrelétrica não paga a compensação financeira pela utilização de recursos hídricos. Logo, após o pagamento de sua implantação, a energia se torna gratuita, ou até mesmo lucrativa para o pequeno produtor.

Quando a PCH é planejada de forma que atenda uma pequena comunidade, e não apenas um produtor, seu pequeno reservatório e a utilização do próprio desnível do curso d'água para a construção, permitem pouca supressão vegetal e quase nenhuma realocação de populações. Além disso, na maior parte das PCHs instaladas nota-se um crescimento da região pela atividade econômica que é desenvolvida. Em municípios foram criados espaços para entretenimento em função dos novos acessos às regiões ribeirinhas, antes inatingíveis pelas

populações e isto acabou permitindo o desenvolvimento sustentável e controlado do entorno (SALSA, 2009).

De forma geral, os projetos de instalação de PCHs incluem a elaboração de monitoramentos socioeconômicos, nos quais se acompanha indicadores sociais da implantação e da operação dos projetos. Em função do pequeno porte, é comum não se observarem alterações significativas no entorno dos empreendimentos quanto às questões de segurança, saúde, educação, entre outros.

Benefícios diretos ocorrem por meio de melhorias de acesso, geração de emprego e renda, entre outros (PORTAL PCH, 2010).

Assim, a PCH é uma alternativa que viabiliza o aproveitamento do potencial de rios próximos às regiões consumidoras de pequeno porte, aproveitando a força da água para gerar energia, sem causar mudanças físicas no curso do rio (PORTAL PCH, 2010).

O objetivo desse trabalho é verificar a possibilidade de instalação de uma PCH no rio Ligeiro, próximo à cidade de Cianorte/PR, visto que sabe-se que essa é uma região com interesse futuro de instalação de PCH.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 MATERIAIS E MÉTODOS

Para atingir o objetivo da pesquisa, primeiramente foi feita a escolha do rio, baseada na provável disponibilidade hídrica e na disponibilidade de energia potencial, determinadas por conhecimento prévio da região de estudo. Foi escolhido, preferencialmente, um rio que já dispusesse de dados coletados de vazão média diária. Neste trabalho, foi escolhido o rio Ligeiro, localizado próximo à cidade de Cianorte/PR. Feita a escolha do rio, foi realizada uma revisão de literatura, para embasamento teórico dos estudos e para caracterizar a região de estudo.

Os dados de vazão média diária foram solicitados ao Instituto das Águas do Paraná, sendo obtidos dados no período de 1976 a 1994. Adotou-se uma demanda futura de energia elétrica fixa de 1.000 kW, ou seja, de 1 MW.

Foi determinada a curva de permanência de vazões conforme descrito em Pinto et al. (1976).

Para determinação da disponibilidade hídrica da região e da energia assegurada adotou-se a vazão equivalente à $Q_{95\%}$ da curva de permanência de vazões, ou seja, em 95% do tempo, a vazão existente no rio será provavelmente maior ou igual a $Q_{95\%}$. Essa vazão foi adotada por ser uma vazão representativa de períodos de estiagem, ou seja, situação crítica para geração de energia elétrica.

Para a determinação da declividade média do rio, para verificar se o desnível (H) será suficiente para atendimento da demanda de energia elétrica, foi utilizado o gráfico obtido por Marcotti e Marcotti (2011), que relaciona a extensão do rio e sua altitude através do índice de relação declividade RDE, obtido pelo quociente da diferença altimétrica entre dois pontos extremos de um segmento ao longo do curso d'água e da projeção horizontal da extensão do referido segmento, multiplicado pela distância deste segmento (para o qual o índice RDE está sendo calculado) até a nascente de drenagem.

Utilizou-se a equação para cálculo da energia assegurada. Esse resultado deverá ser maior ou igual a 1.000 kW, visto que a demanda futura foi adotada como 1.000 kW. Assim, determinou-se qual deveria ser a altura da barragem, para assegurar a potência de no mínimo 1.000 kW.

Na equação da energia assegurada, a potência é calculada em função do peso específico do líquido (adotado como 9810 N m^{-3}), altura da barragem em metros e o fator de conversão de energia hidráulica em energia mecânica (adotado como 0,80).

2.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.2.1 Caracterização da bacia hidrográfica do rio Ligeiro

O rio Ligeiro foi escolhido por ser um rio de corredeira e com desnível provavelmente adequado para a instalação de uma PCH. Além disso, é um rio que possui dados de vazão coletados pelos órgãos competentes e cuja vazão média diária de longo termo vale $13,24 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, com valores variando de $5,01$ a $164 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. Isso significa que é um rio de médio porte e que provavelmente terá vazão suficiente para suprir a demanda de energia elétrica inclusive nos períodos de estiagem.

A bacia do rio Ligeiro (Figura 1), no noroeste do estado do Paraná, possui área de aproximadamente 775 km^2 e está localizada nas coordenadas $24^\circ 00'$ e $23^\circ 30'$ de latitude S e $52^\circ 20'$ e $52^\circ 42'$ de longitude W (MARCOTTI; MARCOTTI, 2011).

As nascentes do rio surgem próximas às cidades de Campo Mourão e Araruna, em uma altitude aproximada de 612 m em relação ao nível do mar (r.n.m.) e, seguindo em sentido nordeste, percorre aproximadamente 82 km até desaguar como afluente da margem esquerda do rio Ivaí (DESTEFANI, 2005), com cota aproximada de 270 m r.n.m, ou seja, um desnível de cerca de 342 m (MARCOTTI; MARCOTTI, 2011) em 82 km, o que resulta em um gradiente hidráulico de $0,00417 \text{ m m}^{-1}$, ou 4,17 milímetros a cada metro.

O rio ligeiro encontra-se numa região com clima subtropical úmido (Cfa) com tendência de concentração de chuva nos meses de verão sem estação seca definida. A média das temperaturas dos meses mais quentes é superior a 22°C e dos meses mais frios é inferior a 18°C (DESTEFANI, 2005).

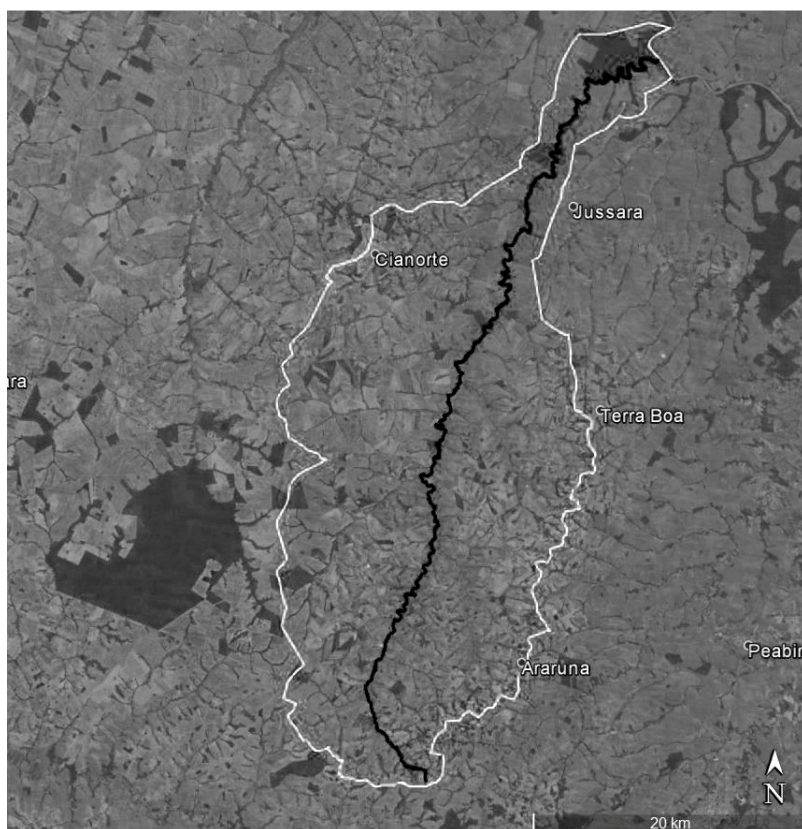


Figura 1. Bacia hidrográfica do rio Ligeiro, próximo a Cianorte, PR
Fonte: Adaptado de GOOGLE EARTH, 2013.

A bacia é dominada pela Floresta Estacional Semidecidual. Esse tipo de mata tem ocorrência na área dominada pelo clima Cfa e apresenta características tropicais aparentando-

semenos exuberante por se desenvolver em solos mais arenosos na área de ocorrência da Formação Caiuá (MAACK, 2002).

O rio Ligeiro apresenta forma dinâmica, com sinuosidade em alguns pontos específicos do alto curso, com trechos de drenagem com formação de meandros (CUNHA; GUERRA, 1996 apud MARCOTTI; MARCOTTI, 2011). No médio e baixo curso, observam-se quedas d'água, inclusive com cachoeiras. Aparentemente, é um rio que tem condições de comportar algumas PCH's ao longo do seu curso.

2.2.2 Determinação da curva de permanência de vazões

Os dados utilizados para a curva de permanência de vazões foram dados de vazão média diária da estação fluviométrica código 64680000, com data de instalação em 24 de julho de 1976 e data de desativação em 22 de setembro de 1994.

Embora não se possua dados recentes de vazão, sabe-se que a região sofreu impermeabilização, o que deve ter aumentado o escoamento superficial. Assim, essa série histórica de vazões dará resultados subestimados de potencial de energia elétrica e, portanto, provavelmente os resultados serão melhores.

Foi aplicado o método da curva de permanência de vazões, sendo obtidos a Tabela 1 e o gráfico representado na Figura 2.

Tabela 1. Frequência das vazões médias diárias por intervalo de classe em função da porcentagem do tempo em que são igualadas ou superadas.

Intervalo classe ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)	Freq. ocorrência	Freq. acumulada	% do tempo
164,00 a 148,10	1	1	0,02
148,10 a 132,20	1	2	0,03
132,20 a 116,30	2	4	0,06
116,30 a 100,40	6	10	0,16
100,40 a 84,51	14	24	0,37
84,51 a 68,61	29	53	0,82
68,61 a 52,71	30	83	1,29
52,71 a 36,81	112	195	3,03
36,81 a 20,91	921	1116	17,35
20,91 a 5,01	5316	6432	100

Observa-se, na Tabela 1, que a frequência de vazões altas é bastante baixa, sendo mais frequentes as vazões menores do que $10 \text{ m}^3 \text{s}^{-1}$. Observa-se que a curva de permanência de vazões apresenta comportamento de queda acentuada para vazões baixas, comportamento representativo de rios com altas declividades, geralmente rios de corredeiras e/ou cachoeiras, como é o caso do rio Ligeiro.

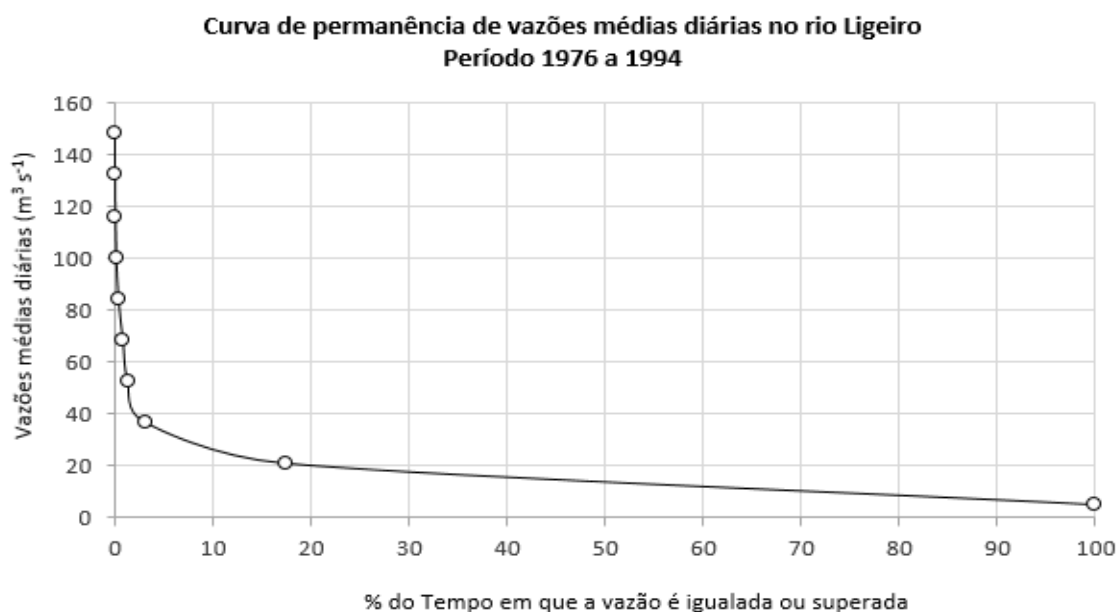


Figura 2. Curva de permanência de vazões médias diárias

Nota-se ainda que em 20% do tempo a vazão encontra-se igual ou superior a $10 \text{ m}^3 \text{s}^{-1}$, ou seja, em 80% do tempo a vazão é inferior a esse valor. A Q_{95} , usada no cálculo da energia assegurada, possui valor de cerca de $6 \text{ m}^3 \text{s}^{-1}$, calculada por interpolação simples dos valores da Tabela 1, resultando em $5,97 \text{ m}^3 \text{s}^{-1}$.

Da curva de permanência de vazões é possível obter os valores de vazões médias diárias para diferentes porcentagens de tempo em que a vazão é igualada ou superada. Os resultados dessa análise encontram-se na Tabela 2. Naturalmente, esses resultados são provenientes da análise dessa curva de permanência de vazões específica, para esse período de dados coletados (1976 a 1994).

Tabela 2. Vazões médias diárias em função da porcentagem do tempo em que são igualadas ou superadas.

% do tempo em que a vazão é igualada ou superada	Vazão média diária ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)
10	25,00
20	20,00
30	18,00
40	15,00
50	12,00
60	11,00
70	10,00
80	9,00
90	8,00
100	5,01

2.2.3 Determinação do índice de gradiente RDE

De acordo com Fujita (2009), Hack (1973) propôs o índice de gradiente RDE (*gradiente index*) como um elemento bastante prático para possibilitar a normalização dos valores de gradiente e a identificação de anomalias de drenagem em cada trecho de seu curso, relacionando a declividade do canal com a extensão do respectivo trecho, fornecendo assim, um índice para comparação de trechos fluviais de diferentes magnitudes (MARTINEZ, 2004).

Este conceito é diferente do gradiente hidráulico, que é a razão entre a diferença altimétrica entre dois pontos no rio e a distância horizontal entre eles.

Na Figura 3, observa-se o traçado do gráfico de RDE para o rio Ligeiro. Nota-se que nos primeiros 40 km do rio, o RDE apresenta-se côncavo, mudando sua curvatura nos próximos 10 km (dos 40 aos 50 km), tornando-se convexo. Após, torna-se novamente côncavo dos 50 km até o fim de sua extensão.

Portanto, o local ideal para a instalação de uma PCH seria entre os 40 e os 50 km de distância a partir da nascente do rio Ligeiro, apresentando um desnível de cerca de 130 m.

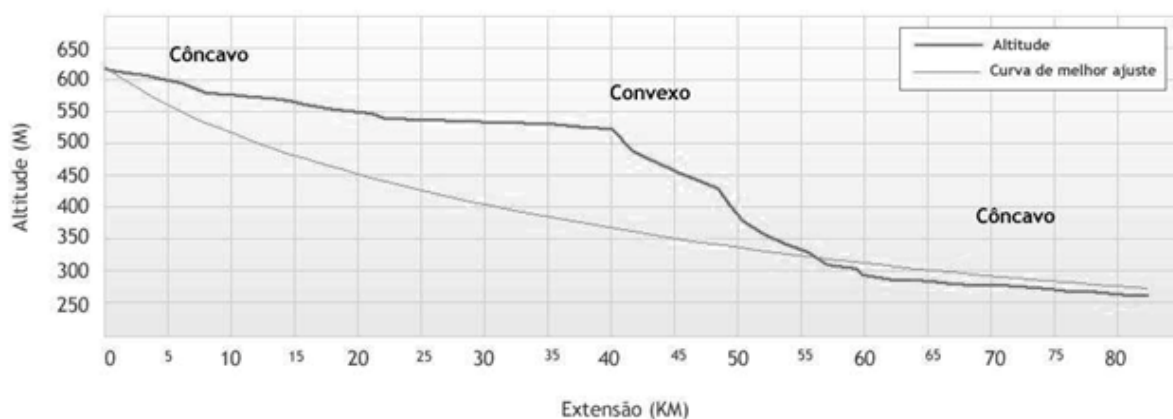


Figura 3. Gráfico de RDE para o rio Ligeiro.

Fonte: Base cartográfica ITCG, GPS (Sistema de Posicionamento Global) adaptado por Angelo Ricardo Marcotti (MARCOTTI; MARCOTTI, 2011).

A estação fluviométrica está nas coordenadas 23°37'00" de latitude e 52°28'00" de longitude e foram usados os dados de vazão dessa estação e também percebe-se, pela Figura 1, que a estação encontra-se próximo aos 50 km da nascente; assim, optou-se por instalar a PCH próxima aos 45 km da nascente (Figura 4). Observa-se, na Figura 4, o delineamento da área de contribuição da bacia hidrográfica para a PCH.

Salienta-se que, ao colocar a PCH próxima às coordenadas da estação, deve-se verificar se a estação encontra-se realmente desativada e se não há previsão de reativação dessa estação. Com relação ao índice de gradiente RDE, constata-se que há pelo menos 75 metros de diferença de altitude entre os 40 e os 45 km.

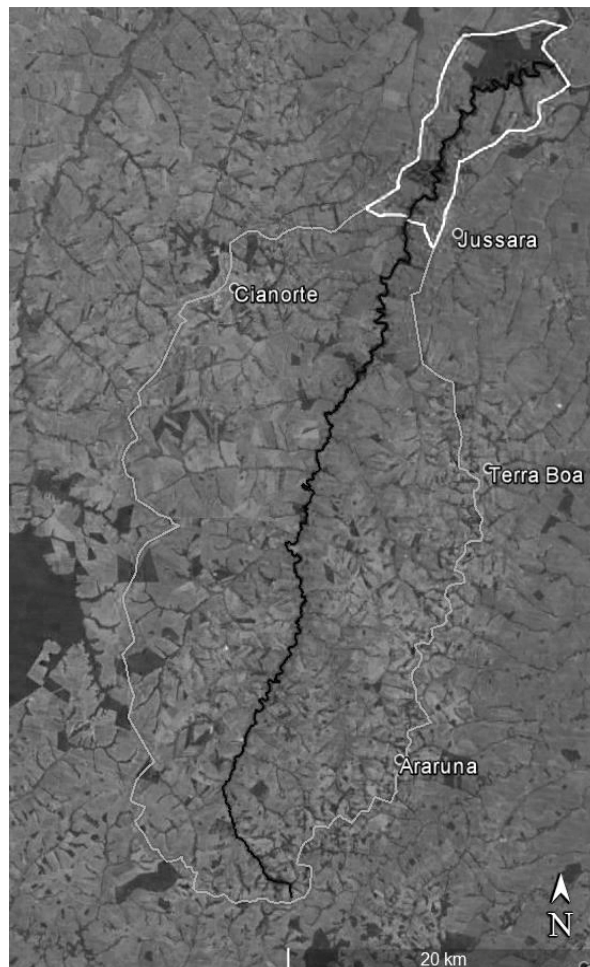


Figura 4. Sub-bacia hidrográfica e localização da PCH no rio Ligeiro.
Fonte: Adaptado de GOOGLE EARTH, 2013.

2.2.4 Determinação da altura da barragem em função da energia assegurada

A determinação da altura da barragem em função da energia assegurada pode ser realizada pela Equação 1.

$$Pot = \gamma \cdot Q_{95} \cdot H \cdot e \quad (1)$$

Em que:

Pot: potência ou energia assegurada, em W

γ é o peso específico do líquido (9810 Nm^{-3})

Q_{95} é a vazão de 95% de permanência

H é a altura da barragem, em m

e é a eficiência de conversão de energia hidráulica em mecânica

Adotando-se γ igual a 9810 Nm^{-3} , potência assegurada igual a 1.000 kW e Q_{95} igual a $6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, pode-se calcular a altura da barragem em função da variação da eficiência de conversão de energia e como apresentado na Tabela 3.

Tabela 3. Altura da barragem em função da eficiência de conversão da energia hidráulica em

mecânica.

	e	H (m)
$\gamma = 9810 \text{ N m}^{-3}$, $Pot = 1.000 \text{ kW}$ $Q_{95} = 6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$	0,60	28,3
	0,65	26,1
	0,70	24,3
	0,75	22,7
	0,80	21,3

Para uma eficiência de conversão de energia e igual a 0,80 observa-se que, para cada 1 MW de potência assegurada, deve-se ter 21,3 m de altura de barragem. Além disso, observa-se que, mesmo para conversão de energia e igual a 60%, a altura da barragem não variou muito, resultando em 28,3 m.

Considerando os valores de vazão pela porcentagem do tempo, retirados da curva de permanência de vazões e os valores que constam na Tabela 2 associados com a equação da energia assegurada, pode-se construir a Tabela 4, dos valores da potência ou energia para diferentes valores de vazão (associados à porcentagem do tempo em que esses valores são iguais ou superados) e diferentes coeficientes de conversão de energia, com altura da barragem fixa em 30 metros.

Da Tabela 4, construiu-se a Figura 5. Observa-se que em 10% do tempo a potência ficará em torno de 4 MW, enquanto que em 50% do tempo a potência será de aproximadamente 2 MW, para o menor coeficiente de eficiência de conversão adotado.

Tabela 4. Energia assegurada em função da eficiência de conversão da energia hidráulica em mecânica e da porcentagem do tempo em que uma vazão é igualada ou superada.

$\gamma = 9810 \text{ N m}^{-3}$, $H = 30 \text{ m}$, $e = 0,60$	% do tempo em que a vazão é igualada ou superada	Vazão média diária ($\text{m}^3 \text{ s}^{-1}$)	Pot (MW)
	10	25,0	4,41
	20	20,0	3,53
	30	18,0	3,18
	40	15,0	2,65
	50	12,0	2,12
	60	11,0	1,94
	70	10,0	1,77
	80	9,0	1,59
	90	8,0	1,41
	95	6,0	1,06
	100	5,0	0,88
$\gamma = 9810 \text{ N m}^{-3}$, $H = 30 \text{ m}$, $e = 0,70$	% do tempo em que a vazão é igualada ou superada	Vazão média diária ($\text{m}^3 \text{ s}^{-1}$)	Pot (MW)
	10	25,0	5,15
	20	20,0	4,12
	30	18,0	3,71
	40	15,0	3,09
	50	12,0	2,47
	60	11,0	2,27
	70	10,0	2,06
	80	9,0	1,85
	90	8,0	1,65
	95	6,0	1,24
	100	5,0	1,03
$\gamma = 9810 \text{ N m}^{-3}$, $H = 30 \text{ m}$, $e = 0,80$	% do tempo em que a vazão é igualada ou superada	Vazão média diária ($\text{m}^3 \text{ s}^{-1}$)	Pot (MW)
	10	25,0	5,89
	20	20,0	4,71
	30	18,0	4,24
	40	15,0	3,53
	50	12,0	2,83
	60	11,0	2,59
	70	10,0	2,35
	80	9,0	2,12
	90	8,0	1,88
	95	6,0	1,41
	100	5,0	1,18

Com altura da barragem fixa em 30 metros, para qualquer coeficiente de eficiência de conversão e maior ou igual a 0,60, a demanda de 1 MW será atendida mesmo nos períodos

históricos mais críticos de estiagem.

Para e igual a 0,80, a potência assegurada em 10% do tempo será de cerca de 5,8 MW, enquanto que em 50% do tempo, será de aproximadamente 2,8 MW.

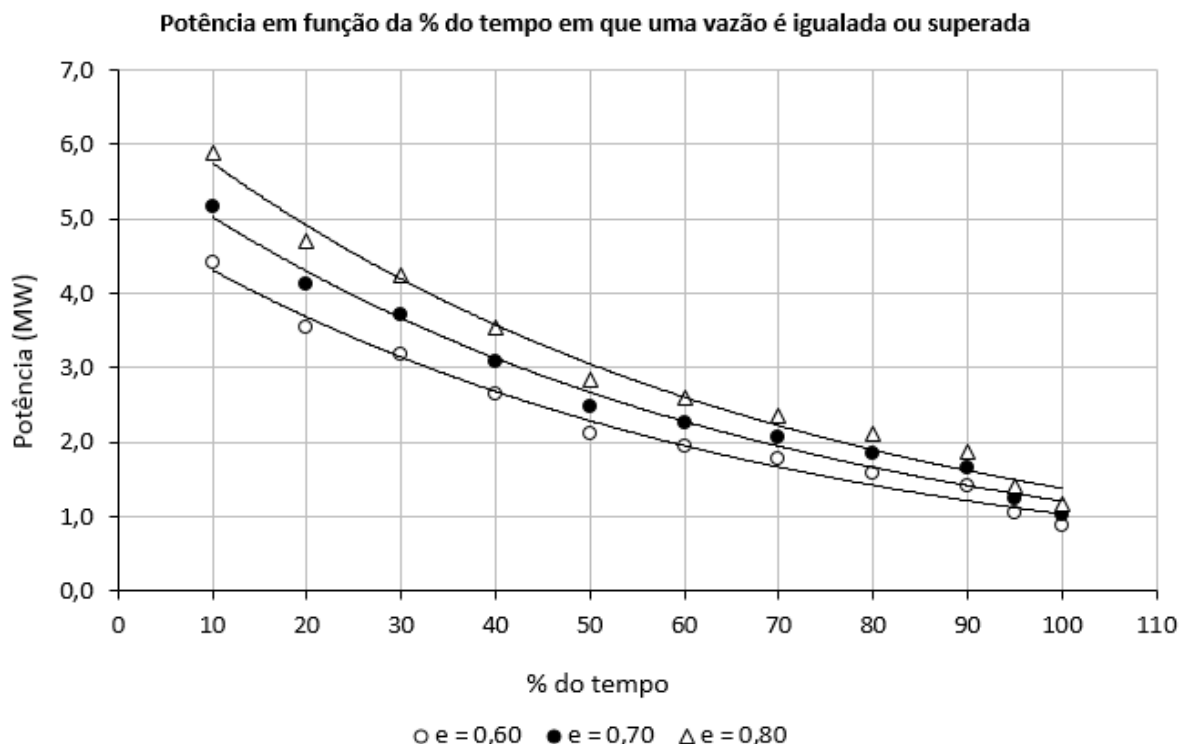


Figura 5. Potência assegurada em função da eficiência de conversão e da porcentagem do tempo em que uma vazão é igualada ou superada.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O rio escolhido foi o rio Ligeiro, que foi estudado a contento, sendo obtidos os dados de vazão média diária por um período de 19 anos, além de dados de índice de gradiente do leito.

O objetivo proposto foi atingido, através da realização de uma análise estatística preliminar baseada na série histórica de vazões médias diárias no rio Ligeiro, próximo ao município de Cianorte, PR, associada ao cálculo da energia assegurada.

Após análise, verificou-se que o rio Ligeiro é um rio propício para instalação de uma PCH, pois possui vazão suficiente, mesmo em períodos históricos de estiagem, além de possuir índice de gradiente apropriado, especialmente no trecho de 40 a 50 km da nascente.

Portanto, conclui-se que, do ponto de vista de um dimensionamento preliminar, é viável a instalação de uma PCH nesse rio.

REFERÊNCIAS

_____: Pequenas centrais hidrelétricas: descentralização na geração de energia e os baixos impactos na área ambiental. Disponível em: <http://portalpch.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=3808:14072010-pequenas-centrais-hidreletricas-descentralizacao-na-geracao-de-energia-e-os-baixos-impactos-na-area-ambiental-&catid=1:ultimas-noticias&Itemid=98>. Acesso em 19 de Fevereiro de 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA-ANEEL, RESOLUÇÃO N° 394, DE 04 DE DEZEMBRO DE 1998. Disponível em: <<http://www.portalpch.com.br/images/stories/pdf/res1998394.pdf>>. Acesso em 09 de janeiro

de 2013.

ALEXANDRE DE ANDRADE, O papel das PCHs na economia catarinense. Disponível em: <<http://tcc.bu.ufsc.br/Economia292762>>. Acesso em 18 de Novembro de 2012.

COLLISCHONN, W.; TASSI, R. Introduzindo Hidrologia. Apostila disponível em http://www.ctec.ufal.br/professor/crfj/Pos/Hidrologia/apostila_Completa_2008.pdf. Acesso em 04 de novembro de 2012.

DESTEFANI, E. V. Regime hidrológico do rio Ivaí – PR. 2005. 95f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2005.

ELETROBRÁS/ ANEEL. Diretrizes para elaboração de projeto básico de usinas hidrelétricas, 1999.

ELETROBRÁS/ ANEEL. Diretrizes para estudos e projetos para Pequenas Centrais Hidrelétricas, 2000.

FUJITA, R. H. O perfil longitudinal do rio Ivaí e sua relação com a dinâmica de fluxos. 2009. 118f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2009.

GERAÇÃO ENERGISA, Sobre as PCH's. Disponível em: <<http://187.0.209.234/Geracao/oqueeuapch/default.aspx>>. Acesso em 05 de janeiro de 2013.

Guia do Empreendedor de Pequenas Centrais Hidrelétricas – PCHs. Disponível: <http://www.portalpch.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=3556&Itemid=199>. Acesso em 15 de Janeiro de 2013.

HACK, J.T. Stream-profile analysis and stream-gradient index. U.S. Geol. Survey, Jour. Research, 1(4): 421-429, 1973.

MAACK, H., Geografia física do Paraná. Secretaria da Cultura e do Esporte do Governo do Estado do Paraná. Ed. José Olimpo S.A., 450p, 2002.

MARCOTTI, A.R.; MARCOTTI, T.C.B. Contribuições de estudos geográficos para a análise dos atrativos turísticos no rio Ligeiro – PR. In: Encontro Paranaense de Pesquisa e Extensão em Ciências Sociais Aplicadas, 7, 2011, Campo Mourão, Anais... Campo Mourão: Fecilcam, 2011, CD-ROM.

MARTINEZ, M. Aplicação de parâmetros morfométricos de drenagem na bacia do rio Pirapó: O perfil longitudinal. Dissertação (Mestrado em análise regional e ambiental) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2004.

PINTO, N. L. S.; HOLTZ, A. C. T; MARTINS, J. A.; GOMIDE, F. L. S. Hidrologia Básica. 2ª ed. Rio de Janeiro: Edgard Blücher Ltda, 1976.

SALSA, C. Energias alternativas via Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs). Disponível em: <<http://www.ecodebate.com.br/2009/05/20/energias-alternativas-viapequenas-centraishidreletricaspchs-artigo-de-carol-salsa/>>. Acesso em 13 de fevereiro de 2013.